馬拉巴栗關鍵技術與生產體系之研發

張育森[1]、彭永良[1]、高建元[2]、朱玉[2]、沈榮壽[3]、呂廷森[4]、陳麗筠[4]、陳麗鈴[5]

摘　　要

馬拉巴栗為國內重要的經濟作物之一，但是在生產栽培過程中，面臨一些重要問題亟待克服。在種子供應期短、周年生產困難方面，可藉由果實與種子貯藏、組織培養量產和花期調節等技術改善；在莖腐失編部分，可利用莖腐病原菌鑑別與防治、管控葉片或莖幹水分及外銷貯運技術克服；栽培時程過長，宜建立綠苗編生產體系、掌握灌溉施肥技術以提升生產效能。除此之外，針對各國多樣化需求，持續開發新造型或商品。

關鍵詞：失編、花期調節、綠苗編、馬拉巴栗、新造型、生產體系

前　　言

馬拉巴栗(*Pachira macrocarpa*)又稱為大果木棉、美國花生，因外形討喜，又被稱為「發財樹」，原生於墨西哥、哥斯達黎加（劉和廖，1981；劉，1994），屬木棉科(Bombacaceae)木棉屬(Pachira)，多年生常綠喬木，樹幹基部肥大。根部富含膠質，可作宣紙黏料（朱，1957；張，1980）。生長勢極強、對土質要求不嚴，容易栽培；加上其樹型優美，廣泛應用於大型盆栽、行道樹及庭園木等（許，1998；沈，2005）。又因耐陰性強，生命力旺盛與優雅外型，點綴裝飾物如紅絲帶或金元寶即成為人見人愛的發財樹，因此更成為逢年過節居家擺飾的室內觀賞植物。馬拉巴栗以外銷為主，主要外銷國家分別為荷蘭、中國大陸、日本、韓國、美國、加拿大等國，而主要外銷產品規格約略可分成頭部(從根部至莖部約15~25公分)、單幹、小苗編、五枝編等(王，2005)，其中小苗編及五枝編合佔出口量90％。各國輸入產品種類也依國情不同，而有所差異。國內馬拉巴栗生產栽培過程，面臨一些重要問題亟待克服，目前本研究團隊結合台大、宜大、嘉大和屏科大等四校七位教授，分工合作，期能合力解決或改善此等問題。

[1] 國立台灣大學園藝暨景觀學系教授及研究生
[2] 國立宜蘭大學園藝系教授
[3] 國立嘉義大學園藝系教授
[4] 國立屏東科技大學農園生產系教授
[5] 國立屏東科技大學植物醫學系教授

材料與方法

一、果實與種子貯藏

試驗材料

馬拉巴栗青熟果實購自屏東縣業者，新鮮果實(不貯藏組)及貯藏出庫之果實剝殼後播種於72穴之穴盤(長寬為55.7×36 ㎝，體積每穴45 mL)，以充分浸泡之泥炭土作為介質。穴盤放置於國立屏東科技大學農園生產系的防雨與防蟲網室中的植床上。每日澆水，於播種後2週起每隔2週以Peters Professional 20-20-20肥灌一次。

試驗藥劑

免賴得：50%免賴得可濕性粉劑稀釋1500倍，配合稀釋3000倍展著劑。

木醋液：大川木醋液稀釋600倍。

漂白水Clorox：含6%的次氯酸鈉稀釋10倍。

另外以不經藥劑浸泡的果實作為對照組。

試驗方法

於60 kg較青的果實中取5顆果實作為不貯藏組，剩餘果實平均分為8組，每組約有43-51顆果實。每2組果實分別浸泡上述殺菌資材3分鐘，浸泡完後將果實稍做風乾，即將果實分別放入8個收納箱中，收納箱蓋起前均覆蓋一層塑膠袋，再將蓋子蓋上，避免箱內大氣條件與貯藏庫中之大氣條件互相影響。將不同殺菌處理的4個收納箱分別放入10及5°C的冷藏室進行貯藏。

於第2週起每週自各處理的收納箱內取出5顆果實，若有開裂者先取，以免種子脫離果實而掉落；另外，因貯藏過程中需計算貯間果實發霉率，故當果實已出現發霉狀態時，則每次出庫的5顆果實中，需取2-3顆發霉者，配合2-3顆未發霉者，以免影響各處理的貯間果實發霉率。出庫的果實及不貯藏的果實皆放置於植床上，使其自然開裂，之後再行播種。每顆果實皆為1重複，其內種子播於穴盤相連的穴中，以便計算其發芽率，故每處理的發芽率各有5重複。

選取果實外表顏色較青且未開裂之果實30 kg，自其中取5顆果實作為不貯藏組(溫度對照組)，剩餘果實平均分為4組，每組約有34-42顆果實。每組果實分別進行以下處理：

1. 40%腐絕可濕性粉劑稀釋2000倍，配合稀釋1000倍展著劑，浸泡3分鐘。
2. 以連續式果實溫湯處理機45°C的熱水沖淋16秒處理果實，再經冷水沖淋降溫，水源為未經殺菌的自來水。
3. 以連續式果實溫湯處理機55°C的熱水沖淋16秒處理果實，再經冷水沖淋降溫，水源為未經殺菌的自來水。

4. 以不經藥劑與熱水處理的果實作為對照組。

以上各處理後將果實稍做風乾，即將果實分別放入 4 個收納箱中，收納方式同試驗一，再貯藏於 10°C 之冷藏庫中。

調查項目

於貯藏開始每隔 0.5 週調查每箱中的果實發霉及開裂顆數，並計算其貯間果實發霉率及貯間果實開裂率。

貯間果實發霉率(%)=收納箱內發霉果實數/收納箱內果實總數×100%。

貯間果實開裂率(%)=收納箱內果實開裂數/收納箱內果實總數×100%。

播種後 4 週，調查各處理種子的發芽率。貯間果實外表發霉程度，0=果實外表未出現發霉；1=果實外表出現發霉；2=果實外表發霉面積達 50%；3=果實外表發霉面積達 75%。

統計分析

數據利用 SAS 9.1.3 以變方分析(ANOVA)的最小顯著差異(LSD)比較各貯藏溫度及殺菌劑處理對各出庫時間的種子於播種後 4 週之發芽率的影響。

二、組織培養量產技術

取馬拉巴栗植株葉片、莖段，種子子葉、胚軸、胚根作為培植體。

1. 癒傷組織的誘導及繼代：以 75%酒精進行表面消毒一分鐘，再以 1.2%次氯酸鈉消毒二十分鐘，以無菌水清洗三次後置入添加不同濃度的 NAA、BA、TDZ 的 NDM 培養基中進行癒傷組織誘導。
2. 癒傷組織芽體誘導：將先前置於繼代培養基中培養且已轉綠之馬拉巴栗癒傷組織移至添加一系列不同濃度組合之生長素（如 NAA、2,4-D、IBA）及細胞分裂素（如 BA、TDZ、Kinetin）的 NDM 及 1/2MS 基本培養基中進行芽體誘導試驗，每處理五重複。
3. 芽切芽試驗：使用馬拉巴栗無菌播種而來之無菌苗，將切下的馬拉巴栗新芽置入培養基中進行發根試驗，並將切割後的原植株置於長芽培養基中使其繼續萌發新芽。

三、花期調節技術

1. 花芽形成與開花的定期觀察：以季節為單位，每隔4天記錄一次，從花芽創始到花芽分化完成的過程作型態上的觀察，在開花期時，取馬拉巴栗新冒出的花芽約2cm，利用石蠟切片技術觀察花芽各個時期的型態變化。
2. 授粉與胚形成觀察：利用石蠟切片技術，觀察馬拉巴栗的授粉形式。
3. 果實的發育與胚成熟觀察：以季節為單位，每隔4天記錄一次，果實發育的定期觀察，測量果實的大小、形狀及顏色與胚成熟之間的關係。

四、莖腐病原菌鑑別與防治

莖腐樣品取自於屏東鹽埔及彰化溪洲，以 PDA、WA、疫病菌選擇性培養基分離培養出多種真菌，以穀粒培養基製備菌絲接種源、V8 培養基製備孢子懸浮液接種於植株莖部。

五、葉片或莖幹水分與發病關係

馬拉巴栗苗購自彰化縣溪州鄉，以泥炭土、蛭石與真珠石體積比約 1：1：1 的混合介質種植於直徑 21 ㎝（容積 3.1 L）之塑膠盆中。置於台大園藝系之玻璃溫室進行實驗。栽培期間觀察並紀錄植株生長情形。

將小苗編之馬拉巴栗經限水 0 週、2 週、4 週、8 週，共 4 處理，每處理 5 重複。利用 Tec5 公司可攜式紫外/可見/近紅外光譜儀(Handy-Spec Field Spectrometer)及紅外線遙測溫度熱像分析儀(Handy-type InfraredThennal Video System)測定植株之莖幹的光譜資料，並加以比對分析光譜反射率等資料與莖幹水分含量之相關性。葉綠素計讀值以(Chlorophyll meter, SPAD-502, Minolta Co. Ltd., Japan)量測馬拉巴栗完全展開之新葉並紀錄其平均值。葉綠素螢光測定以 MiniPam(Walz, Effeltrich, Germany)測量展開葉之葉綠素螢光值。試驗結束時每處理取 5 棵參試植株，使用電子天平（GR-120, A＆D, Japan）測量其鮮重，之後置於烘箱（Memmert Co., Germany）70℃至恆重後進行乾重測量。水分含量＝【(鮮重－乾重）/乾重】×100％。

統計分析

試驗採完全逢機設計 (Complete randomized design, CRD)。數據以 Costat 6.2 (CoHort Software, Monterey, CA, USA) 統計軟體整理，以最小顯著差異 (Least significant difference, LSD) 分析處理有無顯著差異 ($P \leq 0.05$)；繪圖採用 SigmaPlot Version 8.0 軟體 (Systat software INC., Richmond, CA, USA)。

六、外銷貯運技術

於田間取苗後編成 25cm 馬拉巴栗，以中性洗滌劑，清洗 5 分鐘，再以 NaOCl 消毒 2 分鐘後陰乾，於 18℃模擬貯運 30 天。

七、綠苗編生產體系

1. 取成熟之馬拉巴栗種子，單顆種子重量在 2.5g 以上，直接播種於裝有泥炭土介質之育苗籃中，播種深度約為 2~3 cm，分別處理以 60%及 80%RF 級遮陰網，調查種子發芽率，及下胚軸生長情形。
2. 取成熟之馬拉巴栗種子，單顆種子重量在 2.5g 以上，直接播種於裝有泥炭土、椰纖、沙子、田土、稻殼及沙混合稻殼介質之育苗籃中，播種深度約為 2~3 cm，

於溫室中分別處理以 80%RF 級遮陰網遮陰，調查種子發芽率，及下胚軸生長情形。

八、生長調節劑應用

1. 將成熟之馬拉巴栗種子直播於裝有泥炭土之育苗籃中，分別放置於以 RF 級遮陰網 60%及 80%搭設之隧道棚下生長，至子葉展開並且本葉可見時，分別處理以 Chlormequat Chloride(CCC)及 Paclobutrazol(PP333)，兩個星期後調查植株節間長度及葉片生長情形。
2. 種子分別處理蕓苔素內酯(Brassinolide, BL) 0.001、0.01、0.1、1 mg•L^{-1} 與激勃素(GA_3) 8、16、32、64 mg•L^{-1} 和巴克素(Paclobutrazol, PP333) 4、8、16、32 mg•L^{-1}，調查其生育表現；綠編苗分別處理 IBA (1000, 2000 mg•L-1)或 NAA (500, 1000 mg•L^{-1})，觀察並紀錄其發根情形。

九、施肥與灌溉指標

由彰化購得馬拉巴栗實生苗，並種植於塑膠盆中。選擇高度、基部肥大直徑一致的植株，進行不同濃度氮肥處理。

分別為 8 mM(EC =2.85 dS・m^{-1})、16 mM(EC =2.88 dS・m^{-1})、24 mM(EC=3.35 dS・m^{-1})，每週施用 2 次，每次 500mL，對照組(0mM)為完全不施予任何肥料，肥料之配製皆使用逆滲透水。每處理有 20 重複，試驗結束後調查其生育表現。

十、斑葉品系選拔

以馬拉巴栗實生苗為調查對象，於屏東及彰化等主要生產地收集變異斑葉種苗，調查變異狀況以及斑紋變異之穩定性。

十一、嫁接技術

不同溫度及遮光條件下，觀察馬拉巴栗癒傷組織形成。

十二、新造型或商品開發

利用嫁接技術生產斑葉之種苗，評估馬拉巴栗新產品型式開發。利用世界雅虎奇摩（http://tw.yahoo.com/）的各地購物網站進行搜尋。以台灣、日本、中國、韓國、美國、德國、法國等七個地區的八個購物網站商品進行蒐集，並統計馬拉巴栗商品之數量及型態，以作為馬拉巴栗新商品開發之參考。

結果與討論

果實與種子貯藏

種子貯藏試驗方面，種子先以腐絕可濕性粉劑浸泡30分鐘，再以10°C冷藏10天，其種子播種後發芽率可維持在70%左右，此法應可延長種子的貯藏期。果實貯藏試驗方面，馬拉巴栗完熟果未經貯藏處理前的種子發芽率高於青熟果的發芽率，故建議應以成熟果實進行貯藏較為理想。完熟果與青熟果以5°C貯藏其果實發霉率雖較低(圖3、圖4)，但其種子發芽率卻明顯降低(表1)。馬拉巴栗完熟果於10°C貯藏，貯前以免賴得或腐絕處理者，其果實發霉率較低且播種後種子發芽率表現明顯較佳(圖1、表2、表3)。馬拉巴栗青熟果貯前以55°C熱處理者較45°C處理者之發芽率高(圖2、表4)。

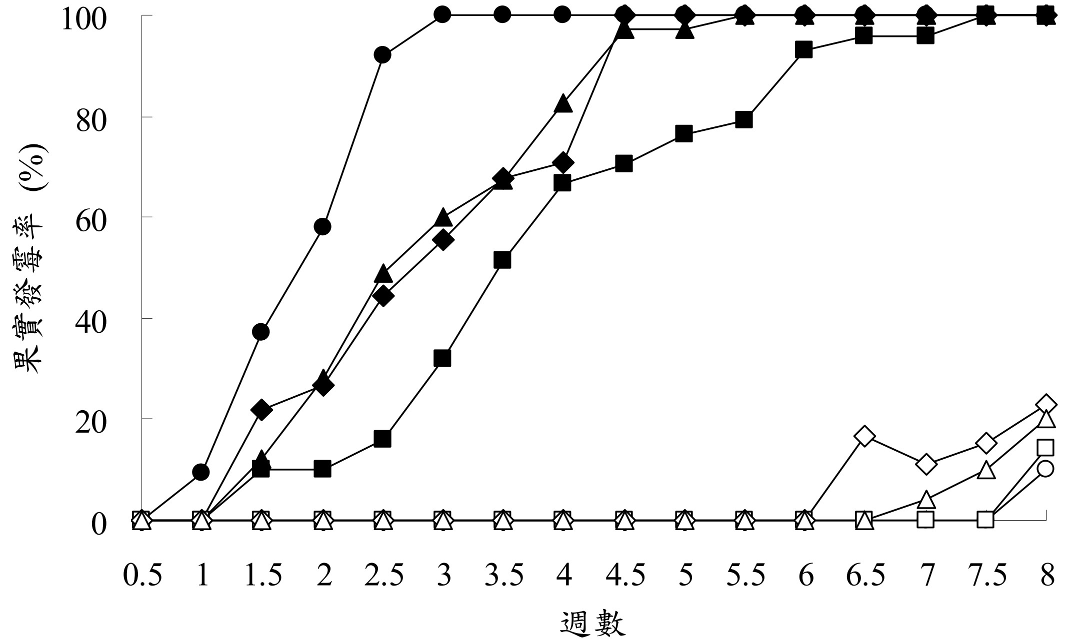


圖1. 馬拉巴栗青熟果實以不同殺菌資材處理後，於10°C及5°C下貯藏，貯間果實發霉率之變化。10°C + CK (●)，10°C + 50%免賴得可濕性粉劑稀釋1500倍(■)，10°C +木醋液稀釋600倍(◆)，10°C + Clorox漂白水稀釋10倍(▲)，5°C + CK (○)，5°C + 50%免賴得可濕性粉劑稀釋1500倍(□)，5°C +木醋液稀釋600倍(◇)，5°C + Clorox漂白水稀釋10倍(△)。

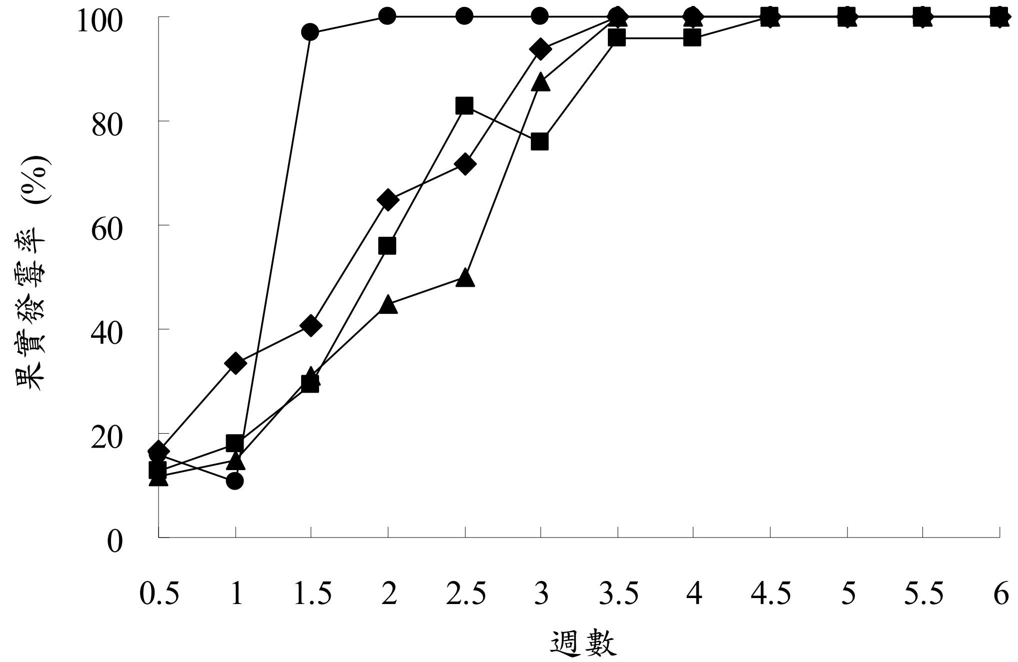


圖 2. 馬拉巴栗青熟果實以腐絕處理或熱處理後，於 10°C 下貯藏，貯間果實發霉率之變化。CK (●)，浸泡 40%腐絕可濕性粉劑稀釋 2000 倍(■)，45°C 熱水沖淋 16 秒(◆)，55°C 熱水沖淋 16 秒(▲)。

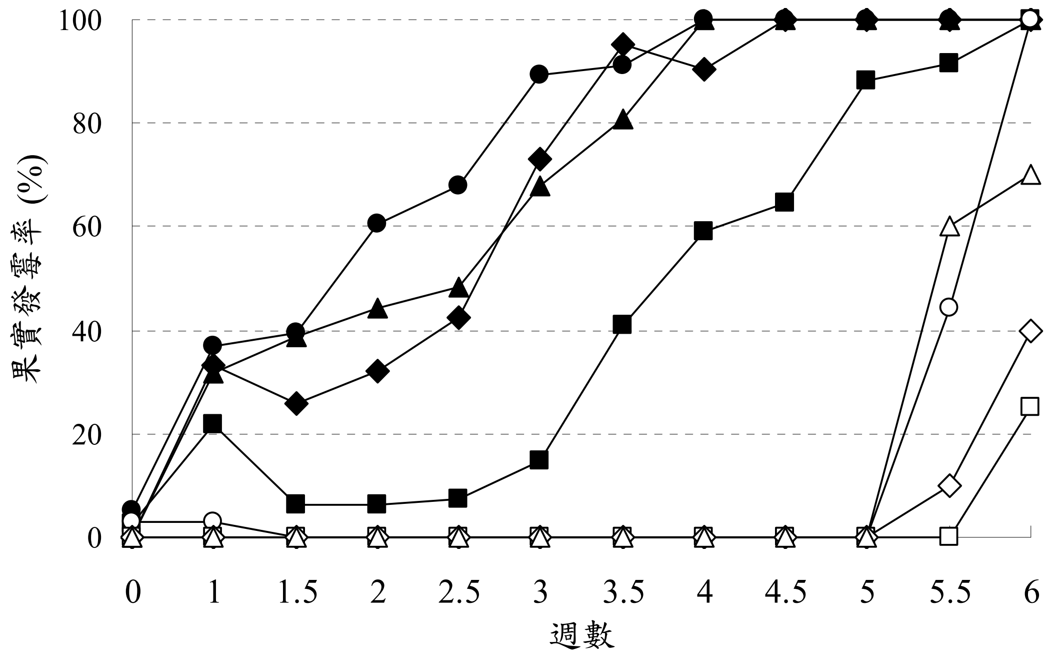


圖3. 馬拉巴栗完熟果實以不同殺菌資材處理後，於10°C及5°C下貯藏，貯間果實發霉率之變化。10°C ＋ CK (●)，10°C ＋ 50%免賴得可濕性粉劑稀釋1500倍(■)，10°C +木醋液稀釋600倍(◆)，10°C + Clorox漂白水稀釋10倍(▲)，5°C + CK (○)，5°C ＋ 50%免賴得可濕性粉劑稀釋1500倍(□)，5°C ＋木醋液稀釋600倍(◇)，5°C + Clorox漂白水稀釋10倍(△)。

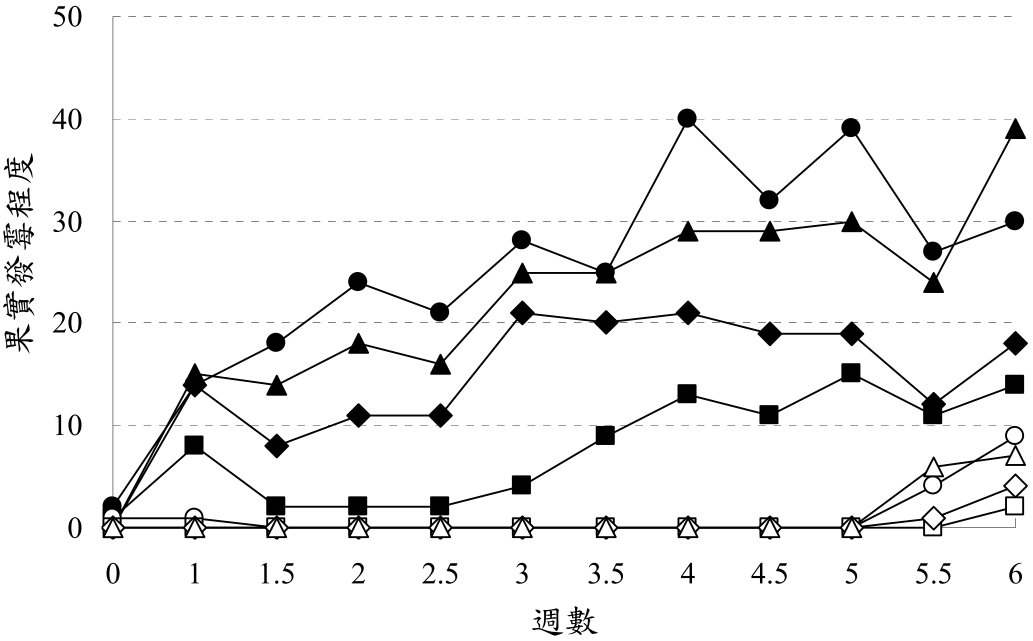


圖 4. 馬拉巴栗完熟果實以不同殺菌資材處理後，於 10°C 及 5°C 下貯藏，貯間果實發霉程度之變化。10°C + CK (●)，10°C + 50%免賴得可濕性粉劑稀釋 1500 倍(■)，10°C +木醋液稀釋 600 倍(◆)，10°C + Clorox 漂白水稀釋 10 倍(▲)，5°C + CK (○)，5°C + 50%免賴得可濕性粉劑稀釋 1500 倍(□)，5°C +木醋液稀釋 600 倍(◇)，5°C + Clorox 漂白水稀釋 10 倍(△)。

表 1. 馬拉巴栗完熟果實以不同殺菌資材處理後，於 10°C 及 5°C 下貯藏不同週數，種子播種後之發芽率

貯藏週數	播種後發芽率(%)							
	10°C				5°C			
	CK	免	木	漂	CK	免	木	漂
1	55.3 ab	82.5 a	54.5 b	59.2 ab	73.5 ab	80.8 a	46.7 ab	58.6 ab
2	41.2 a	80.4 a	55.3 aa	75.6 a	64.3 a	49.8 b	69.4 ab	62.3 ab
3	35.2 bc	80.8 ab	35.9 bc	75.2 a	47.1 bc	49.3 bc	26.1 c	37.1 bc
4	59.9 abc	82.4 a	62.0 bc	74.8 ab	31.1 cde	27.1 de	10.3 e	42.7 cd
5	20.4 a	58.6 a	34.8 a	52.7 a	34.3 a	25.8 a	44.3 a	31.5 a

CK：不經殺菌處理，免：50%免賴得可濕性粉劑稀釋 1500 倍，木：木醋液稀釋 600 倍，漂：Clorox 漂白水稀釋 10 倍。以 LSD 法進行檢測，同列間不同字母代表具顯著差異($P \leqq 0.05$)。

表 2. 馬拉巴栗完熟果實經腐絕或熱處理後，於 10°C 下貯藏不同週數，之果實發霉率

貯藏週數	果實發霉率(%)z		
	CK	腐絕	55℃
1	29.17 ab	8.33 b	37.50 a
2	70.83 a	20.83 b	70.83 a
3	70.83 a	33.33 b	75.00 a
4	100.00 a	41.67 b	100.00 a
5	100.00 a	100.00 a	100.00 a
6	100.00 a	100.00 a	100.00 a
7	100.00 a	100.00 a	100.00 a
8	100.00 a	100.00 a	100.00 a

CK：不經殺菌處理，腐：40%腐絕可濕性粉劑稀釋 2000 倍，55°C：55°C 熱水沖淋 16 秒。以 LSD 法進行檢測，同行間不同字母代表具顯著差異($P \leqq 0.05$)。

表 3. 馬拉巴栗完熟果實經腐絕或熱處理後，於 10˚C 下貯藏部同週數，種子播種後之發芽率

貯藏週數	種子發霉率(%)z		
	CK	腐絕	55℃
1	100.00 a	90.00 a	83.00 a
2	100.00 a	70.00 b	33.33 b
3	93.33 a	86.67 a	93.33 a
4	73.33 a	86.67 a	90.00 a
5	53.33 b	80.00 a	10.00 c
6	30.00 b	50.00 a	10.00 c
7	6.67 a	13.00 a	3.33 a
8	0.00 a	10.00 a	6.67 a

CK：不經殺菌處理，腐：40%腐絕可濕性粉劑稀釋 2000 倍，55°C：55°C 熱水沖淋 16 秒。以 LSD 法進行檢測，同行間不同字母代表具顯著差異($P \leqq 0.05$)。

表 4. 以腐絕或 45℃或 55℃熱水處理馬拉巴栗青熟果實後，於 10°C 下貯藏不同週數，馬拉巴栗種子播種後之發芽率

10°C 貯藏週數	播種後發芽率(%)			
	CK	腐	熱處理 45°C	熱處理 55°C
1	66.0 a	69.4 a	82.3 a	81.2 a
2	79.2 a	81.3 a	31.5 b	63.6 ab
3	20.3 a	48.4 a	30.0 a	36.1 a
4	11.3 c	57.6 a	27.4 b	56.1 a

CK：不經任何處理，腐：40%腐絕可濕性粉劑稀釋 2000 倍，熱處理 45°C：45°C 熱水沖淋 16 秒，熱處理 55°C：55°C 熱水沖淋 16 秒。以 LSD 法進行檢測，同行間不同字母代表具顯著差異($P \leqq 0.05$)。

組織培養量產技術

本研究中，馬拉巴栗植株葉片、莖段，種子子葉、胚軸、胚根均可成功誘導出癒傷組織，但癒傷組織的發生型態略有不同。實驗結果顯示，以子葉為培殖體進行癒傷組織誘導可得白色構造物，這些白色構造物於向軸面或背軸面產生，如將子葉切半，則會從中肋產生白色構造物，但是這些白色構造物到培養後期即全部褐化；以胚軸作為培殖體則會產生淡黃色癒傷組織，若將胚軸橫切成兩段時，下半段產生癒傷組織較上半段多；以胚根作為培殖體則會大量產生黃色緊密的癒傷組織；切割葉片中肋所誘導之癒傷組織約一週後形成，其外觀形態為淡黃色之癒傷組織，但至培養後期即轉變為褐色；在癒傷組織的繼代方面，將誘導出的黃色緊密癒傷組織，移至添加不同種類及不同濃度之植物生長調節劑培養基中進行繼代培養後發現，在添加0.1mg/L NAA及1mg/L BA的NDM培養基中，癒傷組織可維持淡黃色且不褐化。在前人研究中，馬拉巴栗各個部位的培殖體均可誘導出癒傷組織(何，1989)，此結果與本試驗結果相同。馬拉巴栗取用莖幹及葉片進行組織培養較易發霉；取用種子的子葉、胚軸及胚根無菌化過程較為容易，其中以胚軸誘導出的癒傷組織生長良好，誘導出的癒傷組織在添加NAA及BA的NDM培養基中可成功繼代癒傷組織。種子消毒後，取胚軸種植於1/2MS培養中發育，約15-20天後本葉會出現，針對這些無菌苗已可達成以芽切的器官再生繁殖，亦即切取植株之莖上部在發根培養基中誘導長出根系，而原有植株再長出新芽(圖5)。未來期望能縮短時程、提高效率，達到馬拉巴栗量產增殖目的。馬拉巴栗似不適合傳統組織培養的方法，將馬拉巴栗放置具通氣性的組培環境、且改變洋菜介質將有助於馬拉巴栗的生育。

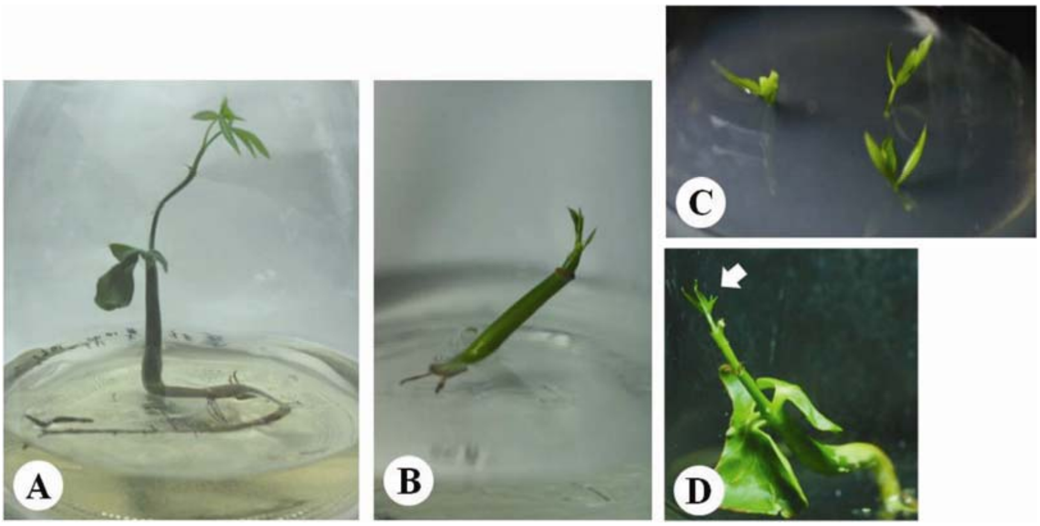


圖5. 芽切芽試驗。(A)馬拉巴栗無菌播種苗，(B)上半部枝條於發根培養基中發根情形，(C)切下的芽於發根培養基培養之情形，(D)芽切芽之原植株長新芽(箭頭所指)。

花期調節技術

馬拉巴栗生長與開花習性：南投地區調查：馬拉巴栗植株生長緩慢，其幼年期約6-7年，而樹幹直徑達15者通常需要生長10年以上。種子生產地區植株性喜光照及高溫的環境，生產採粗放式管理，多種植於由林務局承租的山坡地上。馬拉巴栗從清明節起開花，在中南部地區可持續開花至農曆年前，花期最集中在4月初及9月底。馬拉巴栗從開花至結果需要2個月以上的時間，而2、3月通常為不開花期間，因此，每年的清明節至端午節期間一般採收不到果實。又由於馬拉巴栗的種子屬於異貯型種子，種子乾燥後發芽率顯著降低，因此採收後的種子是連同果實的。

馬拉巴栗在宜蘭地區馬拉巴栗一年可開4次花，其花期每年因季節氣候略有不同，大致分別為4月下旬~5月下旬、7月下旬~8月下旬、9月中旬~10月中旬、以及11月中旬~隔年1月中旬，而1月下旬至4月上旬則為無花期。果熟期也分4期，分別為7月下旬~8月初、10月下旬、12月至隔年1月下旬，及2月至3月底等4期。

馬拉巴栗在花芽生長到約20天左右開始快速生長，尤其在27-30天左右為最高峰，約30天左右就開始開花。調查果實的生長得知：馬拉巴栗的果實在花後22天左右開始迅速成長，到44天左右其生長勢迅速減緩，約在70天左右成熟並落果(圖6)。利用切片技術觀察花芽創始及花芽分化情形，植物的營養芽通常較尖且小，受到刺激而轉成生殖生長時，頂芽開始轉寬且變平，並且開始分化出各種花器，有些花芽之芽體內已可看出發育完整之花器 (圖7)。

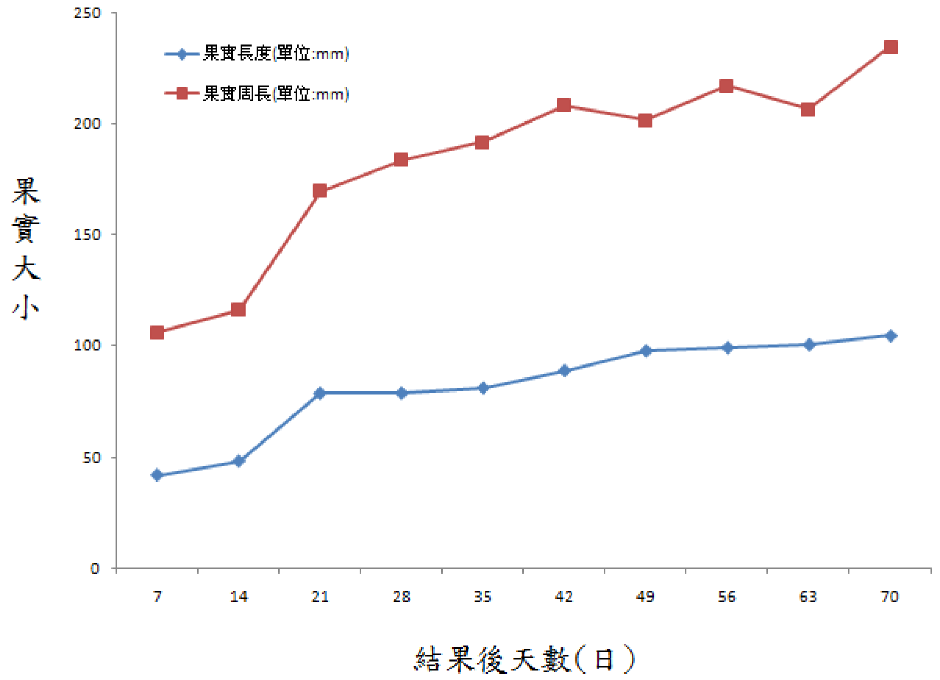


圖6. 宜蘭地區馬拉巴栗果實發育情形。

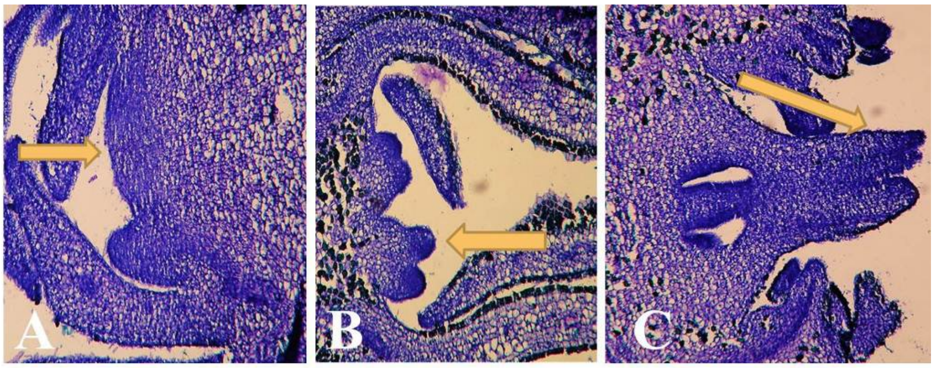


圖7. 馬拉巴栗花芽發育組織切片。(A)花芽分化初期之生長點，(B)花芽分化後約5天的縱切面，(C)花芽分化後約19天的生長情形。

莖腐病原菌鑑別與防治

馬拉巴栗在種苗生產中，夏季颱風夾帶強風豪雨，容易導致苗木的機械傷害與苗圃淹水。莖幹受傷後易於白露期間發生塌陷腐爛現象。本研究室從彰化溪洲、雲林土庫以及屏東地區採集馬拉巴栗發病植株進行菌株分離以及接種測試，以柯霍氏法則進行病原性測定，結果由馬拉巴栗發病植株上共分離得到多株真菌，將分離菌株培養於穀粒培養基、PDA或V8培養基以製備菌絲或孢子接種源，接種於2週～4月齡的馬拉巴栗植株莖基部，進行病原性測試。一週後部份植株莖部開始出現黑色或褐變與凹陷，並逐漸向上蔓延，造成表皮脫落、黑色腐爛及倒伏，莖部切開後可發現內部呈褐色水浸狀，與田間觀察病徵相同(圖8)。有病原性之菌株，依菌株之孢子形態以及ITS序列，將部份菌株鑑定為鐮孢菌(*Fusarium solani*)及疫病菌(*Phytophthora palmivora*)。另有孢子形態接近*Lasiodiplodia* sp.，以及不產孢之病原菌，菌種名稱仍有待鑑定。*P. palmivora*可不經傷口感染，其餘菌株接種時需要製造傷口才會發病。綜合上述結果可知馬拉巴栗莖腐病是由多種病原菌造成，而且感染時大多需要傷口。以上檢視結果將有助於今後防治作業之參考。

圖8. 接種發病結果。接種菌株為 (A) *F. solani*, (B) *Fusarium* sp., (C) *Lasiodiplodia* sp., (D) *P. palmivora*。

葉片或莖幹水分與發病關係

馬拉巴栗根部貯藏多量水分，經由限制供水的處理下，隨著限水天數增加，莖徑、土壤水份、葉綠素螢光等量測值皆有下降的趨勢，莖徑由7.15mm縮小至2.01mm且土壤水分有大幅度的下降，由正常灌溉下的43.6%降至9.76%；而葉綠素螢光的潛值差異並不明顯(表5)。 在非破壞性檢測方面，初步觀察光譜測值與莖幹水分具有趨勢性(圖9)，反射光譜單一波段以1450nm及1650nm部分與莖幹水分的相關性較高(圖10、圖11)，植生指數以WBI(R900/R970)較高(圖12)。利用紅外線遙測溫度熱像分析儀可分辨莖幹水分，參試植株間最高溫的差值可達1.5 ℃ (圖13) 。

比較不同季節生產的馬拉巴栗莖幹含水量，夏季生產者莖幹平均含水量為81.8%(表6)；而秋季生產者莖幹平均含水量為66.44%(表6)，以植生指數WBI(R900/R970)光譜量測與莖幹含水量其相關性r=0.74(圖14)。不同季節生產的馬拉巴栗莖幹失編情形(圖15)以夏季的44%高於秋季的20% (表6)。平均萌芽數以夏季的7.9個芽高於秋季的6.5個芽(表6)。

表 5. 不同限水天數對馬拉巴栗生長之影響

缺水天數	莖徑(mm)	土壤水份 (%)	葉片水勢 (MPa)	CMR	Fv/Fm	Fv’/Fm’
Control	7.15a	43.6a	-0.98a	37.67 ab	0.832a	0.58
2 週	5.02b	22.9b	-1.38a	43.02a	0.829 a	0.57
4 週	4.32b	13.9c	-1.60a	38.78 ab	0.828 a	0.53
8 週	2.01c	9.72c	-3.0b	33.28b	0.822 a	0.51
$LSD_{0.05}$	1.00	7.37	0.73	6.49	0.01	0.07

^{Z}Each value is the mean of five replicated.
^{Y}Mean separation within columns by LSD test, P<0.05

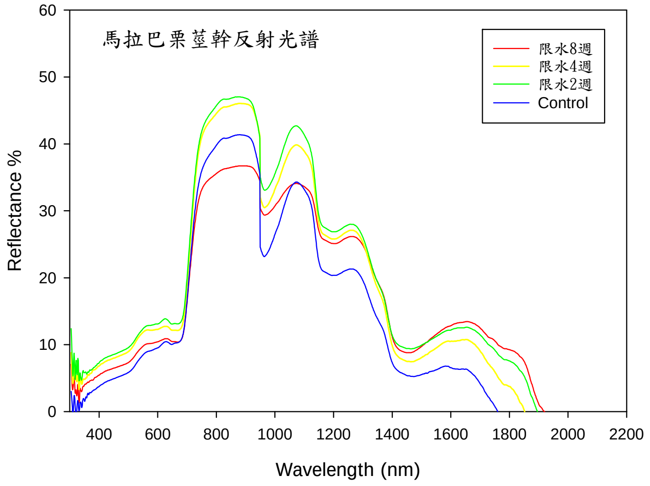


圖 9. 馬拉巴栗反射光譜。

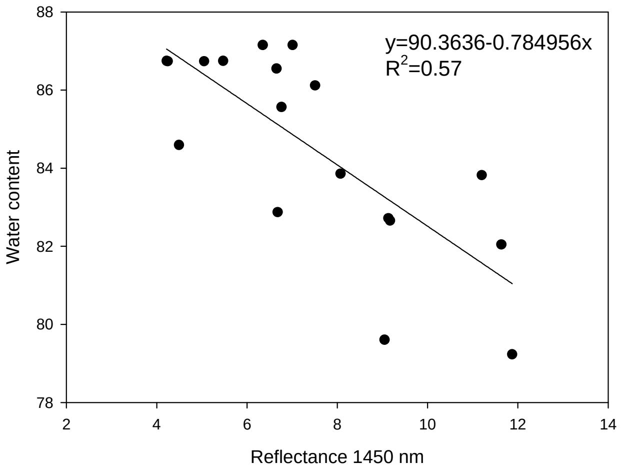


圖 10. 反射光譜 1450nm 與莖幹水分含量之相關性。

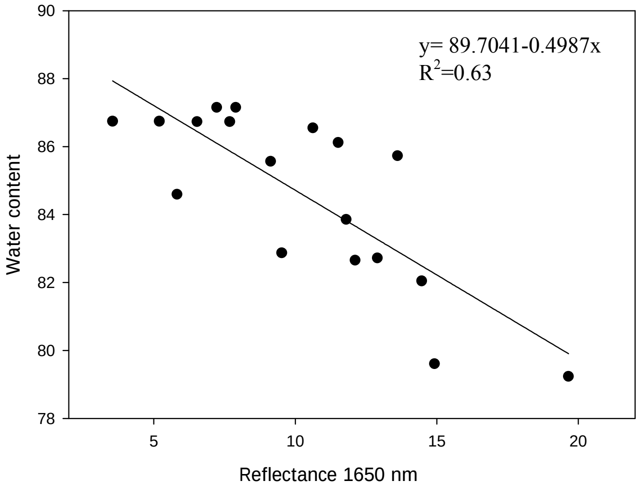


圖11. 反射光譜1650 nm與莖幹水分含量之關係。

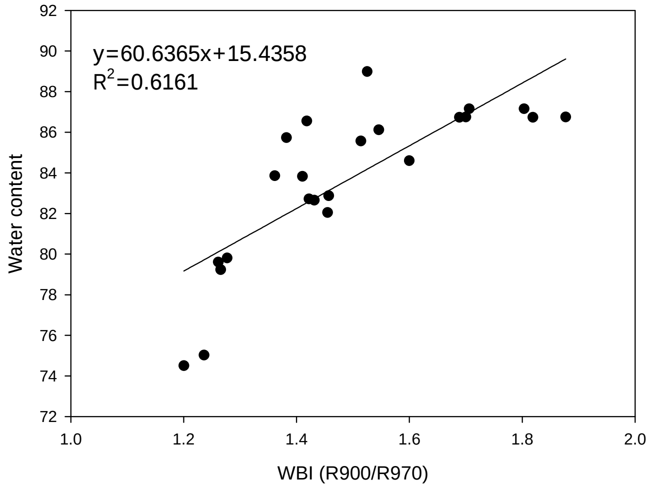


圖12. 植生指數WBI(R900/R970)與莖幹水分含量之關係。

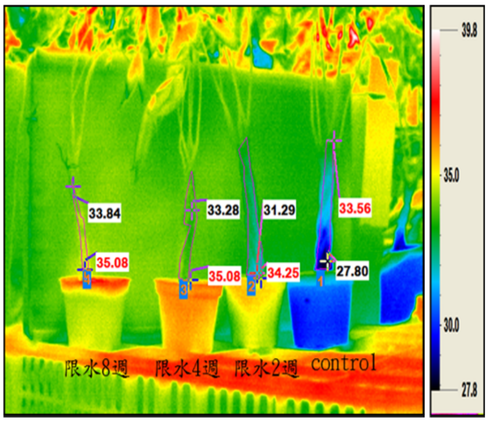


圖13. 熱像儀之熱影像與馬拉巴栗莖幹水分含量之關係。

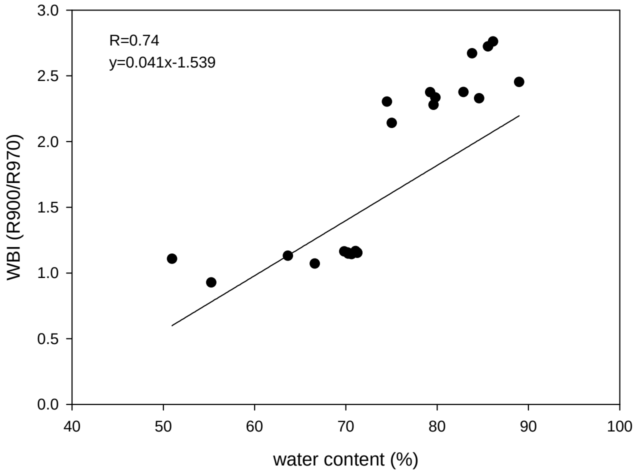


圖14. 植生指數WBI(R900/R970)與莖幹水分含量之關係。

表 6. 不同季節對馬拉巴栗莖幹水分含量、腐爛率及萌芽數之影響

季節	莖幹含水量(%)	腐爛率(%)	萌芽數
夏季	81.82 a	44 a	7.9
秋季	66.44 b	20 b	6.5
$LSD_{0.05}$	5.29	4.65	---

[Z] Each value is the mean of twenty-five replicated
[Y] Mean separation within columns by LSD test, P<0.05

圖 15. 馬拉巴栗腐爛失編情形。

外銷貯運技術

小苗編貯運：馬拉巴栗25 cm小苗編苗貯運前以NaOCl消毒2分鐘，陰乾24小時後於18℃冷藏環境帶保濕材質模擬貯運30天，失編腐爛率以蛭石和真珠石較低(圖16)；貯運後恢復生長以泥炭土和水草為保濕材質者較佳，且失編腐爛率較低。生長調節劑以BA處理可獲得較多芽體數而芽長及葉長寬等生長較佳；PP333處理明顯縮短葉柄長度及葉長寬，形態成緊密充實之觀賞型式，且葉色較為濃綠。

綠苗編貯運：馬拉巴栗18 cm綠苗編貯運前以$Ca(OCl)_2$消毒2分鐘，陰乾24小時後於18℃冷藏環境裸根模擬貯運30天，腐爛率低。貯運後種植於椰纖介質，失編率較低，可供外銷貯運參考運用。裸根貯運後馬拉巴栗18cm綠苗編以水草、椰纖及泥炭土為介質上盆種植於溫室恢復生長，可於10~15天內達商業可售標準。

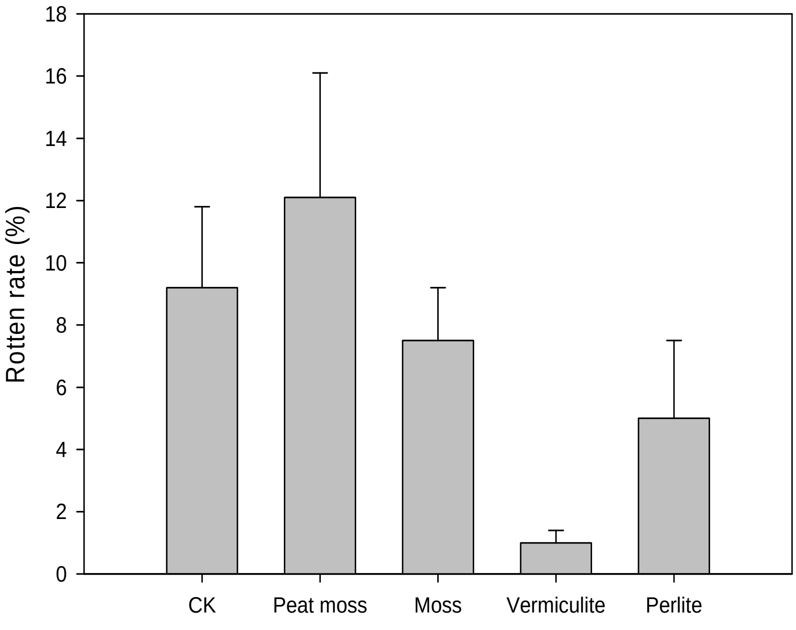


圖16. 保溼材質對苗編馬拉巴栗貯運後失編腐爛率之影響。

綠苗編生產體系

利用馬拉巴栗種子播種養成幼嫩實生苗，生產迷你株型之18 cm綠苗編馬拉巴栗，為深受日本、美國及歐洲市場喜愛的新興產品，惟目前生產體系尚未標準化，造成產品良莠不齊之現象。以河沙混合稻穀為播種介質，播種後發芽快且發芽率高；發芽後置於80%扁紗遮陰網下，下胚軸伸長快速，10天內即可達到12 cm商業取苗標準(圖17)。掘苗後陰乾36-48小時，可有效降低下胚軸應力，使編辮後下胚軸裂傷指數低，維持翠綠的觀賞品質。(4)編辮後以特定濃度的CCC進行每週一次，共施用兩次的矮化劑處理，可得到株型充實，形態優美的綠苗編馬拉巴栗植株，由以上試驗結果可建立一綠苗編馬拉巴栗標準作業流程，供業者參考運用。

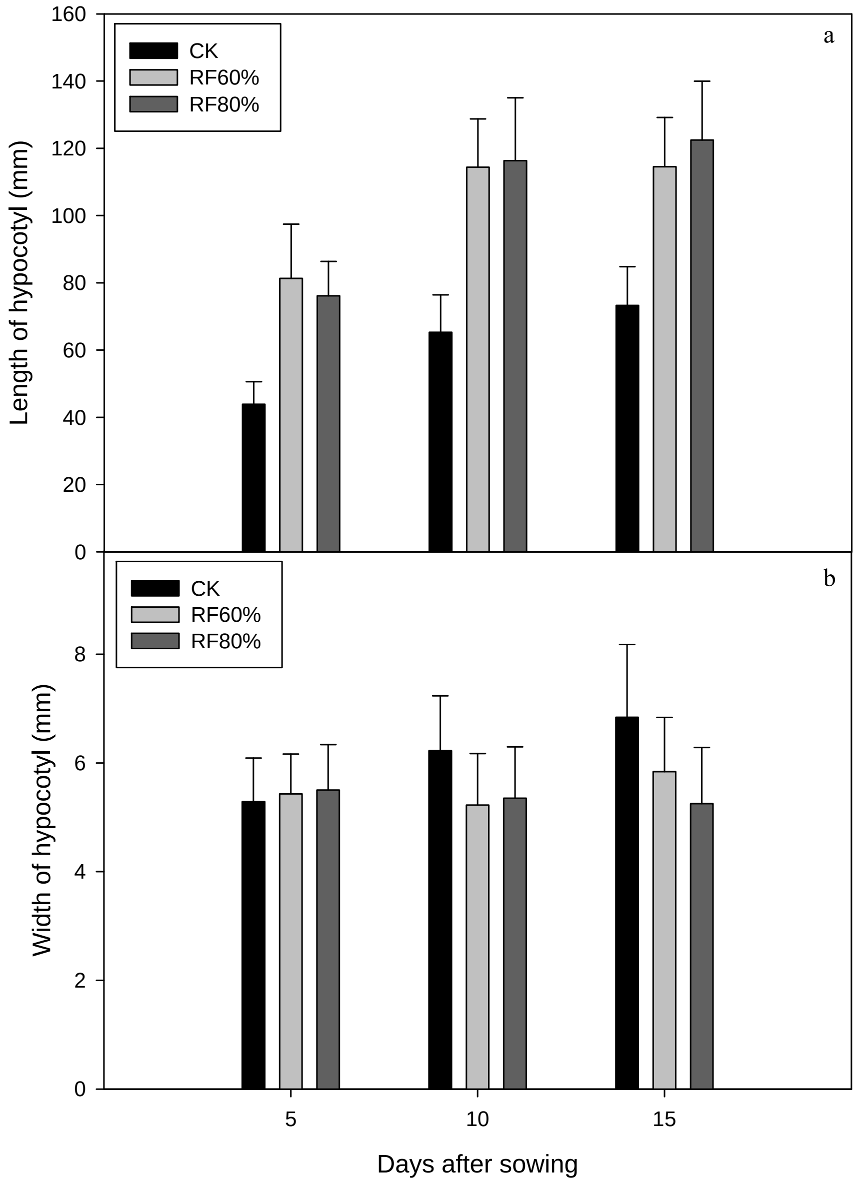


圖17. 不同遮陰對馬拉巴栗實生苗下胚軸生長之影響。

生長調節劑應用

綠苗編馬拉巴栗經編辮後，進行矮化劑試驗，處理四週後以CCC處理者，相較於PP333處理者葉型正常且各濃度有較少的畸形葉片產生，其節間長度，隨著矮化劑濃度愈高其節間長度顯著縮短，尤以第二節間更為明顯，可獲得株型緊密充實優型植株，有助於商品價值提升。利用克美素(chlormequat) (1000、2000及4000 mg · L^{-1})、單克素(uniconazole) (15、20及25 mg · L^{-1})及巴克素(paclobutrazol) (100、200及300 mg · L^{-1})三種矮化劑，予以灌注或噴施，探究其是否能有效控制苗編型馬拉巴栗之外型。結果顯示：苗編型馬拉巴栗噴施特定濃度的uniconazole或paclobutrazol，即可達到抑制植株高度、植冠高度及葉片大小的效果，植冠也較為緊實。

種子分別處理蕓苔素內酯(Brassinolide, BL) 0.001、0.01、0.1和1 mg · L^{-1}與激勃素(GA_3) 8、16、32、64 mg · L^{-1}之後，其株高皆明顯高於對照組；種子處理巴克素(Paclobutrazol, PP-333) 4、8、16和32 mg · L^{-1}，均有明顯抑制株高之效果，且隨著處理濃度的增強、抑制效果愈明顯(圖18)。下胚軸長度部分，則以BL或GA_3則在較高濃度時，才有顯著延長下胚軸長度之效果(圖19)。綠編苗分別處理IBA (1000, 2000 mg · L^{-1})或NAA (500, 1000 mg · L^{-1})，其中以IBA 1000 mg · L^{-1}處理的發根數及最大根長表現最佳；NAA處理則無顯著促進發根之效果(圖20、圖21)。

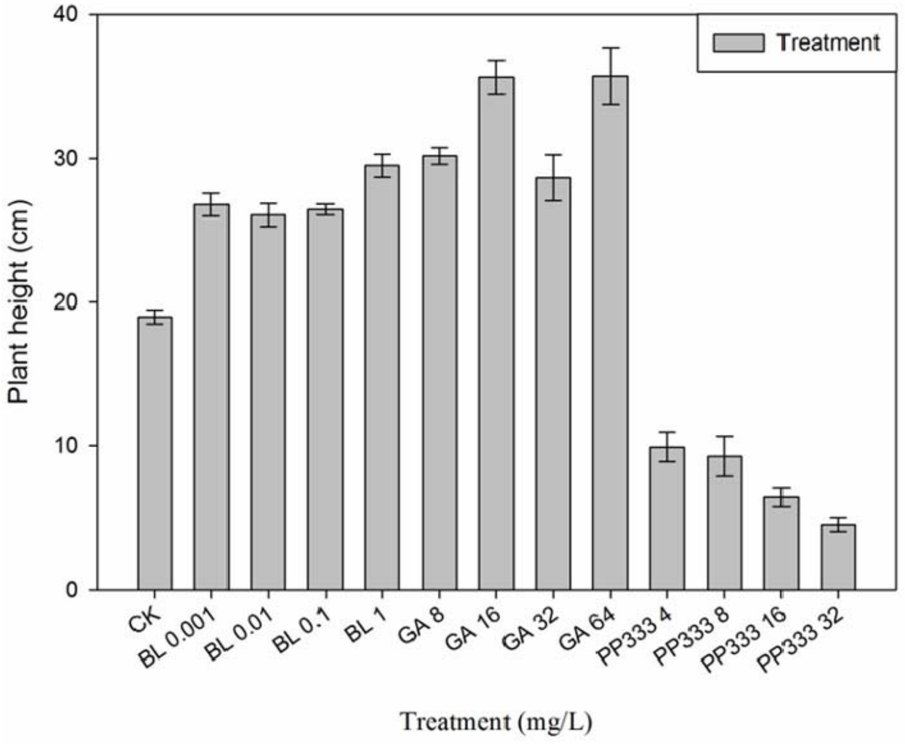


圖18. 不同生長調節劑對馬拉巴栗株高之影響。

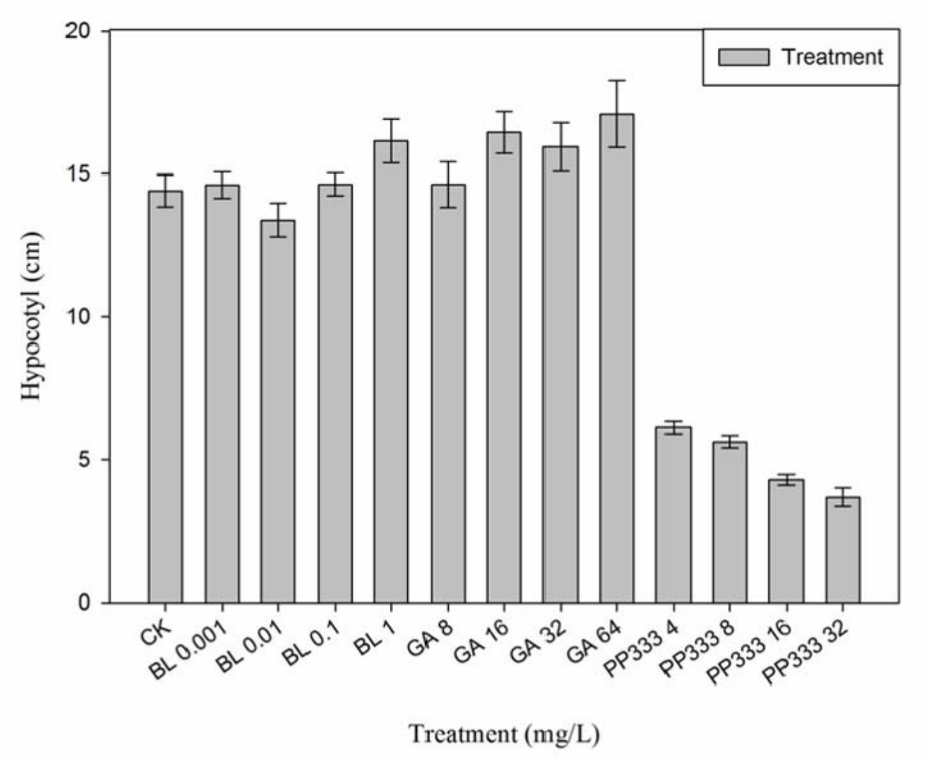


圖19. 不同生長調節劑對馬拉巴栗下胚軸長度之影響。

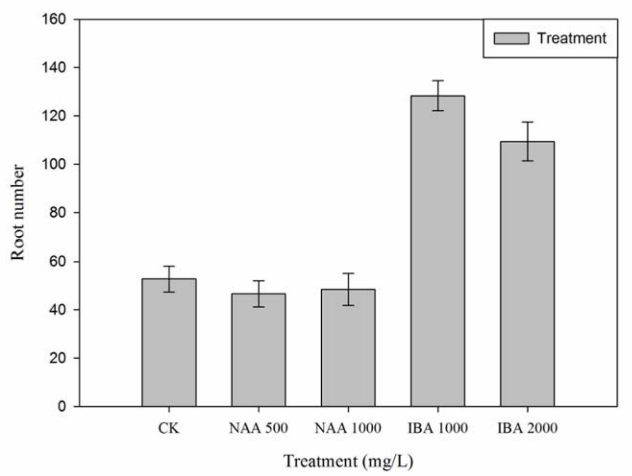


圖20. 不同生長調節劑對馬拉巴栗根數之影響。

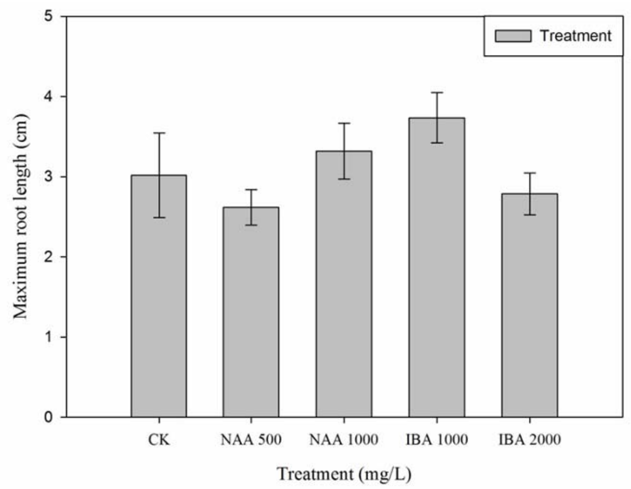


圖21. 不同生長調節劑對馬拉巴栗最大根長之影響。

施肥與灌溉指標

植株高度相對生長量以16 mM氮肥處理組最高(圖22)，節數生長量以16與24 mM處理組較佳，膨大莖段相對生長量卻以8 mM處理最好。生長指標 (如葉面積、葉鮮重與乾重、葉綠素計讀值)多隨氮肥濃度提昇而增加，但至16 mM處理後差異不顯著，故16 mM應可滿足馬拉巴栗氮肥之需求(圖23)。初步建議氮含量訂為氮素臨界值為2.05 %(w/w)(圖24)。

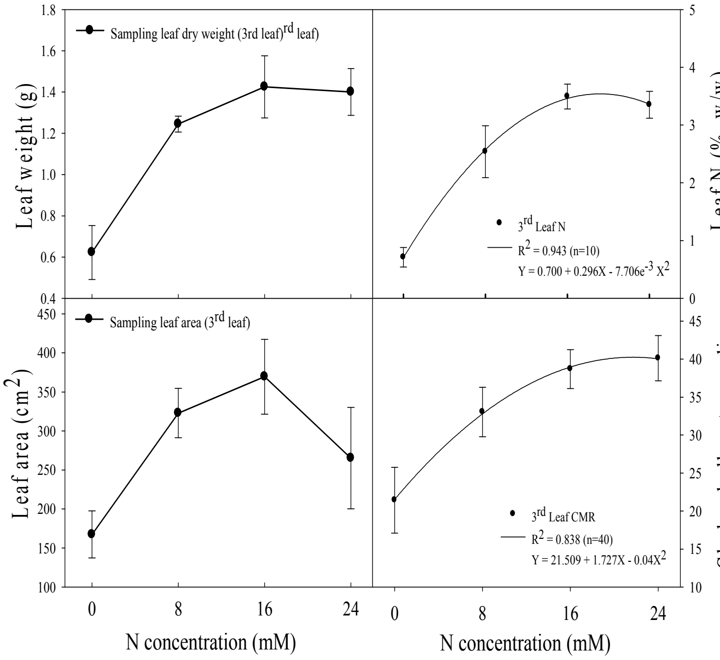


圖22. 施用氮肥濃度對馬拉巴栗生長之影響。

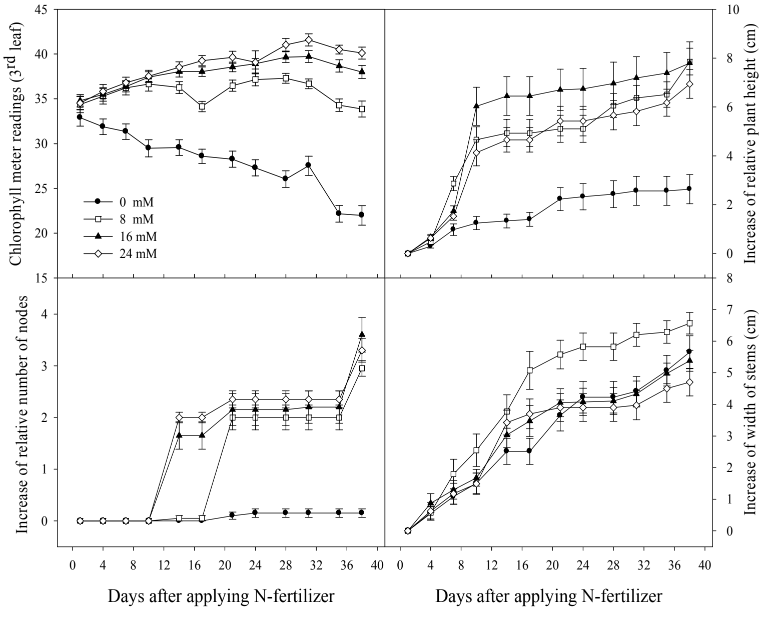


圖23. 施用氮肥濃度對馬拉巴栗生長指標之影響。

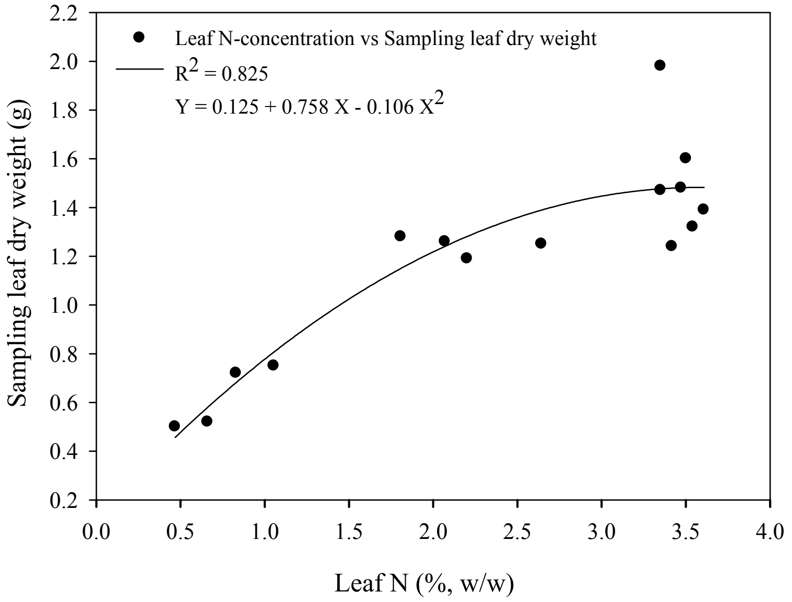


圖24. 馬拉巴栗葉片氮肥濃度與取樣葉片乾重之關係。

以氮素臨界值對應至葉綠素計讀值則為30.6(圖25)。利用比色法診斷氮素缺乏與否，以第3~4週之馬拉巴栗CMR2/1與CMR3/1具有可行性，尤以CMR3/1較佳。足量氮濃度約為3.2%(w/w)。葉片硝酸氮含量(>300 ppm)可視為馬拉巴栗氮肥充足或過量(圖26)。

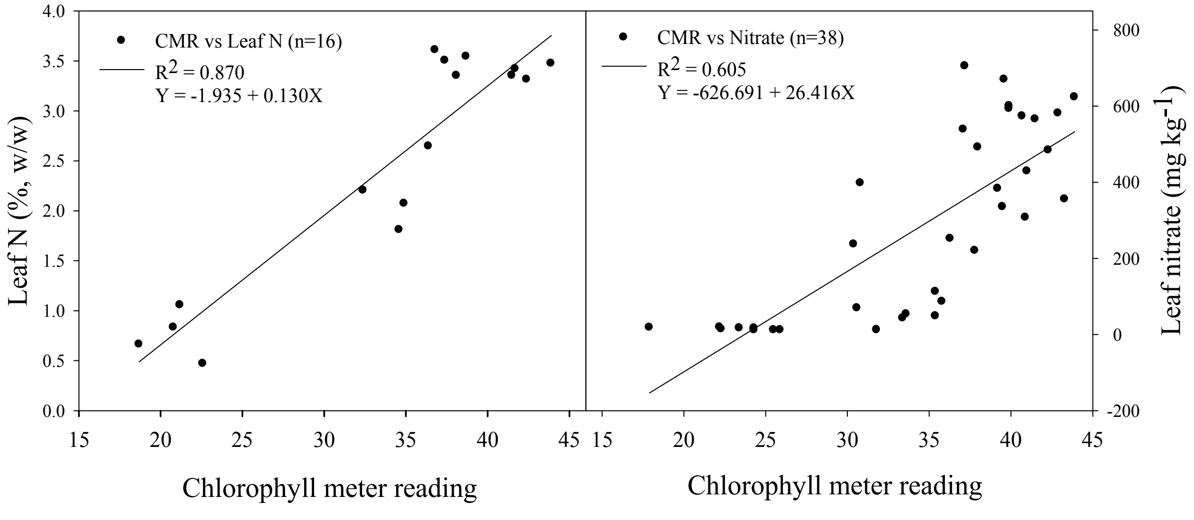


圖25. 馬拉巴栗葉綠素計讀值與葉片氮含量及葉片硝酸氮含量之關係。

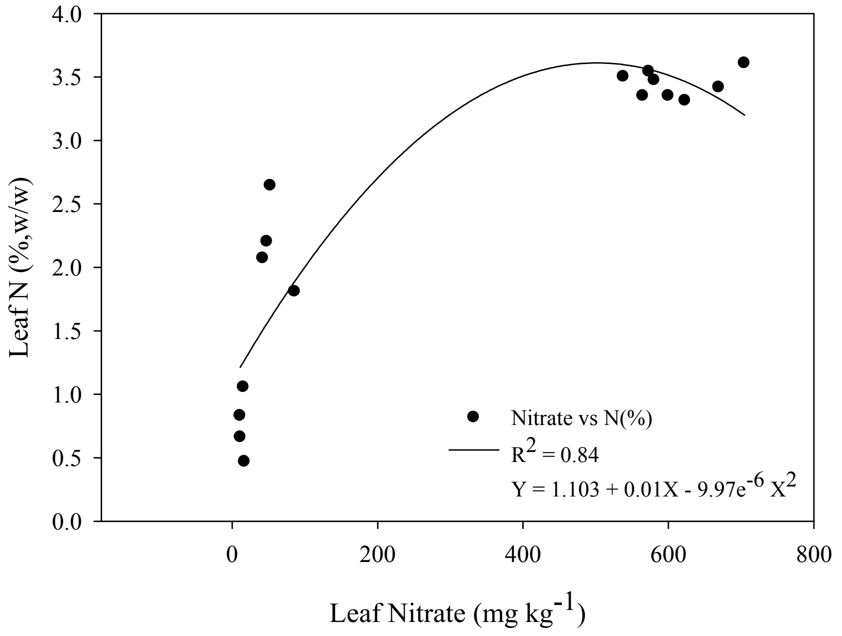


圖26. 馬拉巴栗葉片硝酸氮含量與葉片氮含量之關係。

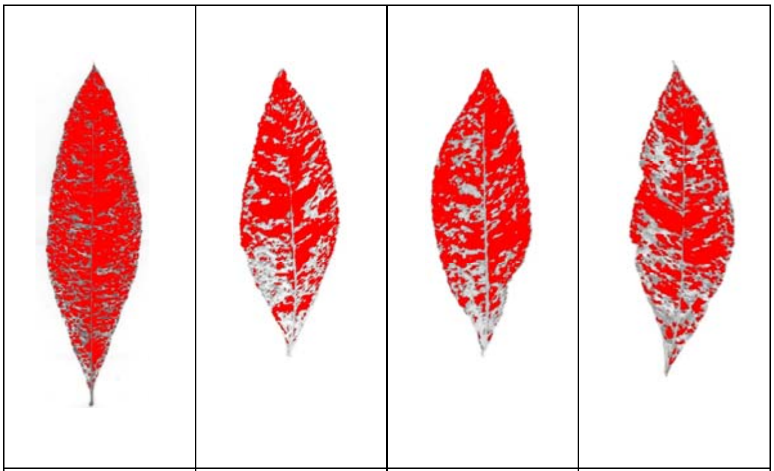
斑葉品系選拔

馬拉巴栗葉藝商品具有開發新產品之潛力，本研究調查分析實生系種苗變異狀態，期能了解變異之機制與類型以供變異育種之選拔。結果發現可歸納出周緣嵌合鑲體的白子、深覆輪與中斑等4種以及細胞質遺傳基因異常的散斑1種(表7)。

以嫁接方式均能存活保留下來，可開發成新產品增加商品的多樣性。在光環境對斑葉模樣之影響調查中，全日照綠色斑塊比率最高為76.6%，其次為半遮陰70%與90% 遮陰綠色斑塊比率分別為66.4%與68.6%，而低光照98% 遮陰的光照條件下最低，僅有52.9%，觀賞價值亦較低。此斑紋模樣變化現象應與光強度影響葉片葉綠素的合成量有關(圖27)。

表7. 馬拉巴栗主要變異類型之比較

變異型	莖幹	葉柄	葉片
周緣嵌合鑲體-白子	乳白	乳白	乳白
周緣嵌合鑲體-深覆輪	白縞斑	白縞斑	乳白斑
周緣嵌合鑲體-深覆輪	綠	黃綠斑	黃綠斑
周緣嵌合鑲體-中斑	黃縞斑	綠	綠(黃綠脈)
細胞質遺傳基因異常-散斑	白縞斑	乳白	白散斑



全日照 (0% shading) 綠色斑塊比率76.6%	半遮陰 (70% shading) 綠色斑塊比率66.4%	半遮陰 (90% shading) 綠色斑塊比率68.6%	低光照 (98% shading) 綠色斑塊比率52.9%

圖27. 光環境對馬拉巴栗斑葉模樣之影響。

嫁接技術

癒傷組織的形成狀態對嫁接成活與否具有密切之關係，本試驗探討環境因子（不同溫度與光強度）對馬拉巴栗嫁接苗木癒傷組織形成的影響。結果發現可溶性固形物含量在八個月後下降百分比為23.22~55.78%，而癒傷組織形成量前4個月較高在105~182.5 mg，後4個月較低在22.5~109 mg之間，而低溫弱光環境下形成量略多於高溫強光條件(表8)。已癒合的不同朝向「ㄣ」字型三段枝幹中，朝上段所含可溶性固形物逐漸增加，橫向水平段與朝下段則逐次降低。在萌芽後水平段含量顯著下降，分向朝上的長葉段及朝下的發根段移行，此現象應與細胞分化養分消耗有關(表9)。

表8. 不同環境因子對於馬拉巴栗癒傷組織形成之影響

日期 Date	處理 Treatments	癒傷組織之重量 The weight of callus (mg)	植物體內之可溶性固形物含量 The soluble solids content in plants (°Brix)	植物體內之可溶性固形物含量下降百分比 The percentage decline in soluble solids content of plants (%)
2010/02/05	18℃			
	不遮光 No shading	0[z]	15.60[c]	
	遮光 shading	0[z]	16.80[a]	
	27℃			
	不遮光 No shading	0[z]	14.70[d]	
	遮光 shading	0[z]	15.70[b]	
2010/06/05	18℃			
	不遮光 No shading	105.00[bc]	9.43[f]	39.36[y]
	遮光 shading	182.50[a]	9.39[g]	44.11[y]
	27℃			
	不遮光 No shading	141.67[ab]	9.90[e]	32.66[y]
	遮光 shading	132.50[ab]	9.03[h]	42.49[y]
2010/10/05	18℃			
	不遮光 No shading	22.50[d]	4.17[l]	55.78[x]
	遮光 shading	109.17[bc]	7.21[i]	23.22[x]
	27℃			
	不遮光 No shading	64.17[cd]	5.86[k]	40.81[x]
	遮光 shading	48.67[d]	6.63[j]	26.58[x]

表9. ㄣ字型馬拉巴栗莖幹內可溶性固形物含量之變化

日期 Date	樣本 Sample	植物體內之可溶性固形物含量 The soluble solids content in plants (˚Brix)
2010/07/16	朝上upward	8.07[a]
∣	水平horizontal	5.46[b]
2010/09/01	朝下down	5.57[b]
ㄣ字型馬拉巴栗莖幹內可溶性固形物含量之變化(莖幹發芽長葉後) Change of soluble solids content in ㄣtape of malabar chestnut stem. (After leaf emergence)		
日期 Date	樣本 Sample	植物體內之可溶性固形物含量 The soluble solids content in plants (˚Brix)
2010/09/29	朝上upward	7.43[a]
∣	水平horizontal	4.12[c]
2010/10/20	朝下down	5.68[b]

新造型或商品開發

比較小型盆栽之栽培介質相容性，結果發現以水苔的植株生育狀況最佳。小型水苔球商品在日本的消費者眼中擁有穩靜舒適的美以及容易擺飾身邊之優點，具有發展潛力(圖28)。應用嫁接技術可生產馬拉巴栗斑葉種苗，亦可開發造型新商品。進行斑葉種苗生產環境評估，結果發現黃斑葉較白斑葉不穩定，有返祖現象。造型幹藝之新商品具有發展潛力，可作為節慶假日之特殊商品。目前馬拉巴栗的盆栽花卉以幹藝商品為主，未來應有葉藝商品之潛在市場。

圖28. 小型盆栽是具有發展潛力之產品。

參考文獻

広瀬嘉道、横井政人。1978。原色斑入り植物写真集。誠文堂新光社。東京。

王添壽。2005。馬拉巴栗 p. 114。台灣盆花商品手冊。中華盆花發展協會發行。

朱長志。1957。中國果樹分類學 p. 172-174。台灣省立農學院出版委員會。台北。

沈榮壽。2005。馬拉巴栗 p. 877-882。農作篇(二) 台灣農家要覽(修訂三版)。豐年社編印。台北。

何錦玟。1989。馬拉巴栗之組織培養。國立台灣大學園藝所碩士論文。

張振宙。1980。台灣農家要覽（上）園藝作物果樹篇 p. 731-732。豐年社。台北。

許玉妹。1998。馬拉巴栗之生長習性與栽培管理。農業世界 182: 13-16。

劉政道。1994。種子吸水與乾燥生理，水份逆境與發芽控制之關係。台灣種苗 13: 16-18。

劉堂瑞、廖日京。1981。樹木學 p. 629-634。台灣商務印書館。台北。

蔡致謨、傅文吾。1951。馬拉巴栗之研究。農業研究 2(4): 89-102。

Tilney-Bassett, Richard A. E. 1986. Plant Chimera. Edeard Arnold. London.

Current Research Status of Key Techniques and Production System on Malabar Chestnut

Yu-Sen Chang[1], Yung-Liang Peng,[1] Chien-Yuan Kao[2], Yu Chu[2], Rong-Show Shen[3], Ting-Sen Lu[4], and Li-Yun Chen[5]

Abstract

Malabar chestnut is one of most important economical crops in Taiwan. In the process of cultivation, there are still some crucial problems need to be resolved. On the problems of short seed supplying period and difficult year-round production, it could be resolved by developing the storage techniques of fruits or seeds, tissue culture, and flowering regulation. On the problems of stem rot and braid loss, it could be resolved by the identification and the prevention of stem-rot pathogen, the control of water contents in leaves or stems, and the storage technique of products of malabar chestnut. On the problem of long cultivation times, it could be resolved by establishing the production system, improving the irrigation and fertilization techniques and enhancing the production efficiency. In addition, we are trying to develop the new models or products of malabar chestnut continuously for the diverse requirements of different countries worldwide.

Key words: braid loss, flowering regulation, green braided, malabar chestnut, new model, production system

[1] Department of Horticulture, National Taiwan University
[2] Department of Horticulture, National Ilan University
[3] Department of Horticulture, National Chiayi University
[4] Department of Horticulture, National Ping Tung University
[5] Department of Plant Medicine, National Ping Tung University